

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

**Second Semester Examination**  
**Academic Session 2007/2008**  
*Peperiksaan Semester Pertama*  
*Sidang Akademik 2007/2008*

**APRIL 2008**

**EPP 362/3 – INDUSTRIAL MACHINE VISION**  
**PENGLIHATAN MESIN INDUSTRI**

**Duration : 3 hour**  
*Masa : 3 jam*

---

**INSTRUCTIONS TO CANDIDATE :**  
**ARAHAN KEPADA CALON :**

Please check that this paper contains **ELEVEN** (11) printed pages and **FIVE** (5) questions before you begin the examination.

*Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEBELAS** (11) mukasurat dan **LIMA** (5) soalan yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan.*

Answer **ALL** questions.

*Sila jawab **SEMUA** soalan.*

Answer all questions in **English** OR **Bahasa Malaysia** OR a combination of both.

*Calon boleh menjawab semua soalan dalam **Bahasa Inggeris** ATAU **Bahasa Malaysia** ATAU kombinasi kedua-duanya.*

Lampiran : **Appendix A / Lampiran A**

Answer to each question must begin from a new page.

*Jawapan bagi setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru.*

- Q1. [a]** A web camera is used to acquire a sequence of 10 frames RGB images which has 640 pixels in X direction and 480 pixels in Y direction. Each color has intensity value ranging from 0 to 15. Calculate the size in kilobytes to allocate the memory required in the computer to store the images.

*Sebuah kamera web diguna bagi memperolehi suatu urutan 10 kerangka imej RGB yang mempunyai 640 piksel pada arah X dan 480 piksel pada arah Y. Setiap warna mempunyai nilai keamatan dalam julat dari 0 hingga 15. Kira saiz dalam kilobyte bagi menyediakan ingatan yang diperlukan dalam komputer untuk menyimpan imej tersebut.*

[35 marks/markah]

- [b]** With the help of a sketch, describe what raster image is.

*Dengan bantuan lakaran, huraikan apakah imej raster.*

[30 marks/markah]

- [c]** Figure Q1[c] shows the matlab commands that are used to acquire an image from a web camera. Explain each of the commands.

*Rajah S1[c] menunjukkan arahan-arahan Matlab yang diguna bagi memperolehi satu imej dari sebuah kamera web. Terangkan setiap arahan tersebut.*

```
>> vid = videoinput('winvideo',1, 'RGB24_640x480');
>> set(vid,'FramesPerTrigger',1);
>> vid.TriggerFrameDelay = 20;
>> start(vid)
>> rgb = getdata(vid);
>> figure;
>> image(rgb)
>> stop(vid)
```

**Figure Q1[c]**  
*Rajah S1[c]*

[35 marks/markah]

- Q2. [a] By giving TWO (2) examples, explain how scene constraints can be used to simplify the process of extracting information contained within the scene.**

*Dengan memberikan DUA (2) contoh, terangkan bagaimana kekangan pemandangan boleh digunakan untuk memudahkan proses penyarian maklumat yang terkandung di dalam pemandangan tersebut.*

[10 marks/markah]

- [b] Sketch and label properly the diagrams to illustrate the following main lighting methods used in a machine vision system. Give ONE (1) example of application for each type of lighting method.**

- i) Light-field illumination**
- ii) Dark-field illumination**

*Lakarkan dan labelkan dengan betul gambarajah untuk mengilustrasi kaedah-kaedah pencahayaan berikut yang digunakan dalam sistem penglihatan mesin. Berikan satu contoh aplikasi bagi setiap kaedah pencahayaan.*

- i) Pencahayaan medan terang*
- ii) Pencahayaan medan gelap*

[20 marks/markah]

- [c] Explain the following types of lens aberrations with the aid of sketches.**

- i) Spherical aberration**
- ii) Coma**
- iii) Astigmatism**
- iv) Chromatic aberration**

*Terangkan aberasi-aberasi kanta berikut dengan bantuan lakaran.*

- i) Aberasi sfera*
- ii) Koma*
- iii) Keastigmatan*
- iv) Aberasi warna*

[20 marks/markah]

- [d] Explain the term 'depth of focus'. How does depth of focus depend on the numerical aperture of the lens?**

*Terangkan istilah 'kedalaman fokus'. Bagaimanakah kedalaman fokus bergantung kepada bukaan berangka bagi suatu kanta?*

[10 marks/markah]

- [e] A 16 mm lens was used to capture the image of an object of maximum dimension 8 mm. If the sensor-to-lens distance is 25 mm, determine (i) the object-to-lens distance, (ii) the optical magnification and (iii) the maximum dimension of the image.

If a 5 mm extension tube is inserted between the lens and the sensor, determine the new optical magnification and the maximum dimension of the image.

*Kanta 16 mm telah digunakan untuk merakam imej sebuah objek yang mempunyai dimensi maksimum 8 mm. Jika jarak sensor-ke-kanta ialah 25 mm, tentukan (i) jarak objek-ke-kanta, (ii) pembesaran optik dan (iii) dimensi maksimum bagi imej.*

*Jika tiub pemanjangan 5 mm disisipkan di antara kanta dengan sensor, tentukan pembesaran optik dan dimensi maksimum imej yang baru.*

[40 marks/markah]

- Q3. [a] There are two region segmentation approaches that can be used to partition an image into meaningful regions. State the approaches and explain their differences.

*Terdapat dua pendekatan peruasan kawasan yang boleh digunakan bagi mengasingkan suatu imej kepada kawasan-kawasan bermakna. Nyatakan pendekatan tersebut dan terangkan perbezaannya.*

[20 marks/markah]

- [b] The black pixels as shown in Figure Q3[b] have been detected as edges that may lie on a line. The line can be represented in a polar coordinate with the equation  $r = x \cos\theta + y \sin\theta$ .

*Piksel-piksel hitam seperti ditunjukkan dalam Rajah S3[b] telah dikesan sebagai pinggir yang mungkin terletak atas satu garisan. Garisan tersebut boleh diwakili dalam satu koordinat polar dengan persamaan  $r = x \cos\theta + y \sin\theta$ .*

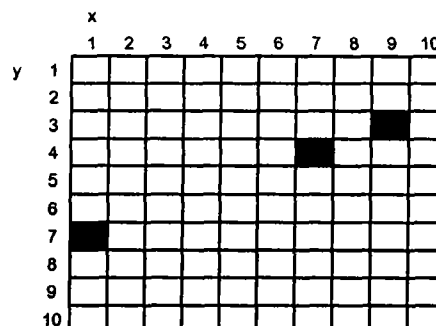


Figure Q3[b]  
Rajah S3[b]

- (i) Using the Hough transform, compute the radius  $r$  of each edge pixel which has position coordinates  $x$  and  $y$  for the angle  $\theta = 10, 30, 50, 70$  and  $90$  degree.

*Gunakan penjelmaan Hough, kira jejari  $r$  bagi setiap piksel pinggir yang mempunyai koordinat posisi  $x$  dan  $y$  untuk sudut  $\theta = 10, 30, 50, 70$  dan  $90$  darjah.*

- (ii) Sketch the loci for each edge in Hough space; radius  $r$  versus angle  $\theta$ .

*Lakarkan londar-londar bagi setiap pinggir dalam ruang Hough; jejari  $r$  melawan sudut  $\theta$ .*

- (iii) Determine the radius  $r$  and angle  $\theta$  for the line and hence write the equation representing the line.

*Tentukan jejari  $r$  dan sudut  $\theta$  bagi garisan tersebut dan seterusnya tulis persamaan yang mewakili garisan tersebut.*

[50 marks/markah]

- [c] Thresholding is a method to produce uniform region in an image based on threshold criteria  $T$  using the equation below. There are three ways to determine the threshold  $T$ . State and explain each of the ways.

*Pengambangan adalah satu kaedah bagi menghasilkan kawasan seragam dalam satu imej berdasarkan kriteria ambang  $T$  menggunakan persamaan di bawah. Terdapat tiga cara bagi menentukan ambang  $T$ . Nyatakan dan terangkan setiap cara tersebut.*

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) \geq T \\ 0 & \text{if } f(x, y) < T \end{cases}$$

[30 marks/markah]

- Q4. [a] Explain the following main general approaches in image processing: (i) Point operation, (ii) global operation and (iii) neighborhood operation. Give ONE (1) example of each type of operation.

*Terangkan pendekatan-pendekatan umum berikut dalam pemrosesan imej: (i) Operasi titik, (ii) operasi global dan (iii) operasi kejiranan. Berikan SATU (1) contoh bagi setiap jenis operasi.*

[20 marks/markah]

- [b] Figure Q4[b] shows the relationship between the input and output gray values in a contrast enhancement operation on an image. Derive the mapping functions for this operation.

*Rajah S4[b] menunjukkan hubungkait antara nilai kelabu input dengan nilai kelabu output dalam operasi peningkatan beza jelas pada suatu imej. Terbitkan fungsi-fungsi pemetaan bagi operasi tersebut.*

[20 marks/markah]

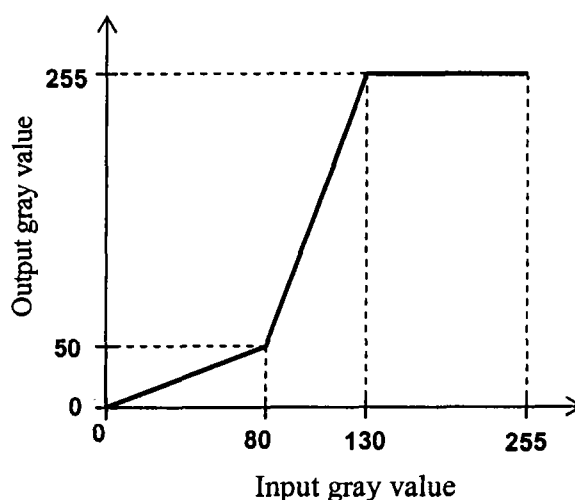


Figure Q4[b]  
Rajah S4[b]

- [c] Figure Q4[c] shows the histogram of a 3-bit image of dimensions  $14 \times 14$  pixels. Using the histogram equalization function given, determine the gray value distribution in the output image. Hence, draw its histogram. Present the data in the form of a table.

$$\text{New gray value, } N(g) = \max\left\{0, \text{Round}\left(\frac{2^l \times c(g)}{m \times n}\right) - 1\right\}$$

where  $c(g)$  is the cumulative pixel count up to gray value  $g$ ,  $m \times n$  is the size of the image and  $l$  is the gray scale resolution in bits.

Rajah S4[c] menunjukkan histogram bagi imej 3-bit berdimensi  $14 \times 14$  pixel. Dengan menggunakan fungsi penyamarataan histogram yang diberikan, tentukan taburan nilai kelabu dalam imej output. Seterusnya lukiskan histogramnya. Bentangkan data dalam bentuk jadual.

$$\text{Nilai kelabu baru, } N(g) = \max \left\{ 0, \text{Round} \left( \frac{2^l \times c(g)}{m \times n} \right) - 1 \right\}$$

di mana  $c(g)$  ialah kiraan pixel kumulatif sehingga nilai kelabu  $g$ ,  $m \times n$  ialah saiz imej dan  $l$  ialah resolusi skala kelabu dalam bit.

[40 marks/markah]

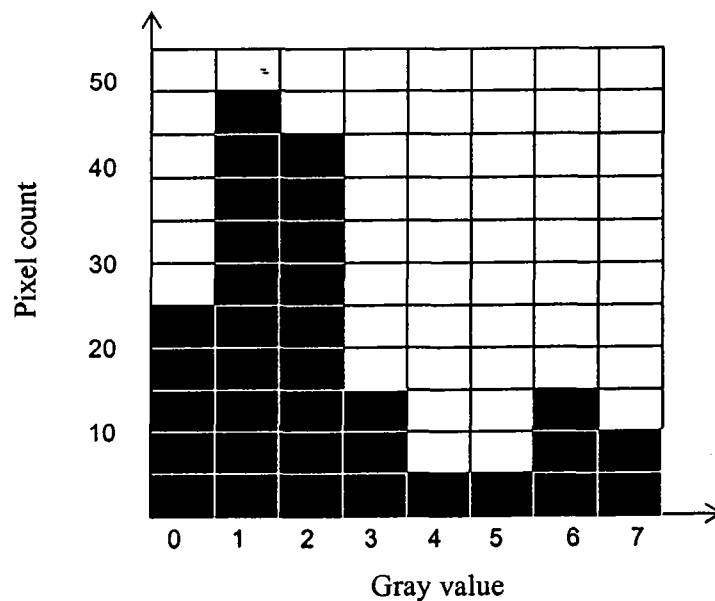


Figure Q4[c]  
Rajah S4[c]

- [d] Using the one-dimensional Gaussian function given, determine the coefficients (weights) in a  $1 \times 5$  Gaussian filter for  $\sigma = 3$ . Hence, determine the output pixel value at the location shown in the image array in Figure Q4[d].

$$G(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2\sigma^2}$$

Dengan menggunakan fungsi Gaussian satu dimensi yang diberikan, tentukan pekali-pekali (pemberat-pemberat) dalam penuras Gaussian  $1 \times 5$  bagi  $\sigma = 3$ . Seterusnya, tentukan nilai pixel output pada lokasi tata susunan imej yang ditunjukkan dalam Rajah S4[d].

$$G(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2\sigma^2}$$

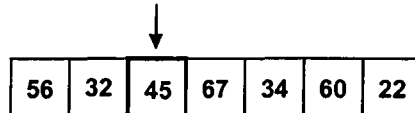


Figure Q4[d]  
Rajah S4[d]

[20 marks/markah]

- Q5. [a] Table Q5[a] shows several image features. Copy the table and indicate with a '✓' the features that are invariant to the transformations stated in the table and with a '✗' the features that are not invariant to the transformations.

Jadual S5[a] menunjukkan beberapa sifat imej. Salin jadual tersebut dan tandakan dengan '✓' sifat-sifat yang takvarian kepada transformasi yang dinyatakan dalam jadual tersebut dan tandakan '✗' bagi sifat-sifat yang bukan takvarian kepada transformasi.

[15 marks/markah]

Table Q5[a]  
Jadual S5[a]

Invariant to:	Feature:				
	Area	Perimeter	Shape factor	Bounding box	Euler number
Translation					
Rotation					
Scaling					



- [b] Explain what is a chain code. What information can be extracted from the chain code?

The chain code for a boundary is 7700112233445566, where the direction vectors are defined in Figure Q5[b]. Draw the boundary represented by the code and from the chain code calculate its (i) perimeter, (ii) area and (iii) shape factor. Tabulate your calculations neatly.

*Terangkan kod rantai. Apakah maklumat yang boleh disari daripada kod rantai tersebut?*

*Kod rantai bagi suatu sempadan diberikan oleh 7700112233445566, di mana vektor-vektor arah ditakrifkan dalam Rajah S5[b]. Lukis sempadan yang diwakili oleh kod tersebut dan kira (i) ukurlilit, (b) luas dan (iii) faktor bentuknya. Catatkan kiraan anda dalam jadual dengan kemas.*

[45 marks/markah]

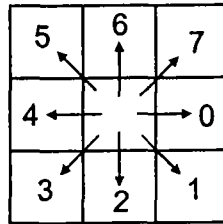


Figure Q5[b]  
Rajah Q5[b]

- [c] What is the effect of the following morphological operations on an image: (i) Dilation and (ii) erosion?

Figure Q5[c] in Appendix A shows an input image that undergoes different morphological operations (the object is represented by dark grids while the background is represented by light grids). Darken the grids in the output image to show the result obtained from each operation. (Detach Appendix A and tie it together with your answer script).

*Apakah kesan operasi-operasi morfologi berikut ke atas imej: (i) Pengembangan dan (ii) hakisan.*

*Rajah Q5[c] dalam Lampiran A menunjukkan imej input yang melalui operasi-operasi morfologi yang berlainan (objek diwakili oleh grid-grid gelap manakala latarbelakang diwakili oleh grid-grid cerah). Hitamkan grid-grid di dalam imej output untuk menunjukkan hasil yang didapati daripada setiap operasi. (Asingkan Lampiran A dan ikatkan bersama skrip jawapan anda).*

[20 marks/markah]

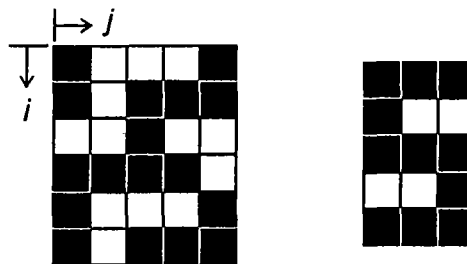
- (d) Explain the principle of the template matching method in pattern recognition.

It is required to locate the number '5' in the image shown in Figure Q5[d]. Using the template shown in the figure, determine the correlation values at the following locations: (4,2), (4,3) and (4,4). Among these three locations determine the most accurate location of the number '5' in the image. Assume that black (object) pixels corresponds to 1 while white (background) pixels correspond to 0.

*Terangkan prinsip bagi kaedah pepadanan pencontoh dan pengecaman corak.*

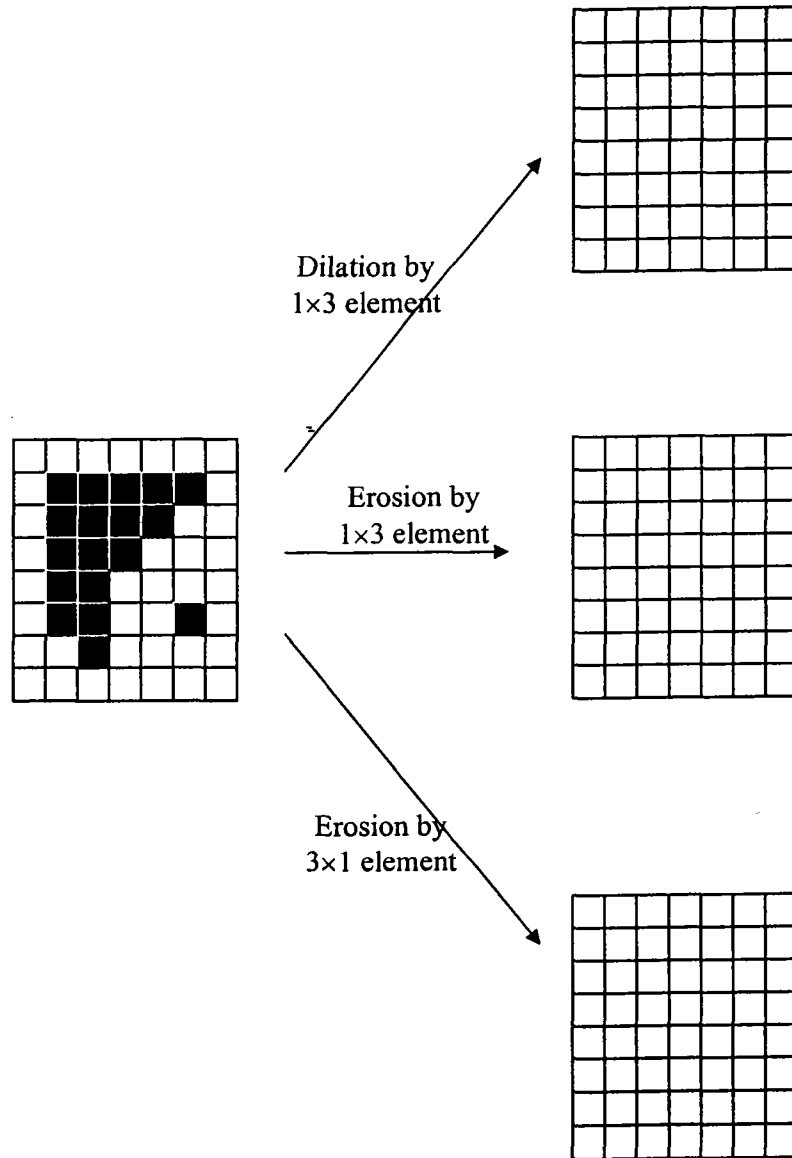
*Kedudukan angka '5' di dalam imej dalam Rajah Q5(d) perlu ditentukan. Dengan menggunakan pencontoh dalam rajah tersebut, tentukan nilai-nilai korelasi pada lokasi-lokasi berikut: (4,2), (4,3) and (4,4). Di antara lokasi-lokasi tersebut, tentukan lokasi yang paling tepat bagi angka '5' dalam imej tersebut. Andaikan bahawa pixel hitam (objek) diwakili oleh 1 manakala pixel putih (latarbelakang) diwakili oleh 0.*

[20 marks/markah]



**Figure Q5[d]**  
*Rajah S5[d]*

**APPENDIX A**  
*LAMPIRAN A*



**Figure Q5[c]**  
*Rajah S5[c]*

**Detach the APPENDIX and submit with your answer script.**  
*Leraikan LAMPIRAN tersebut dan hantarkan bersama skrip jawapan anda.*